

# 高温超電導SMES

## 落雷などによる 瞬時電圧低下から工場を保護

SMES(Superconducting Magnetic Energy Storage)は超電導を使った電力貯蔵装置です。東芝が2003年に中部電力(株)に納入した5 MVAのSMESは、瞬時電圧低下補償用で世界最大規模のSMESであり、現在、シャープ(株)亀山工場に設置され、フィールド試験が実施されています。これを皮切りにSMESの開発が加速されています。

一方、現行の低温超電導SMESの開発と並行して、高温超電導を利用した次世代のSMES開発に向けた取組みが始まっています。高温超電導SMESは、現行タイプに比べて蓄積エネルギー密度が2~3倍程度高くできると期待されています。高温超電導は今、実用化に向けて着実に進歩しています。

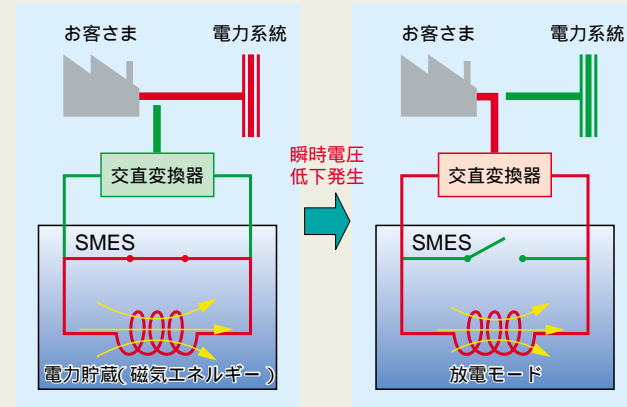


図1. 瞬時補償SMESの原理と動作 - 磁気エネルギーとして貯蔵した電力を、系統に瞬時低下が発生すると、系統から負荷に供給されていた電力をSMESから供給するように一瞬のうちに切り替わります。系統の電圧が回復後、再び系統から負荷への電力供給に速やかに戻ります。

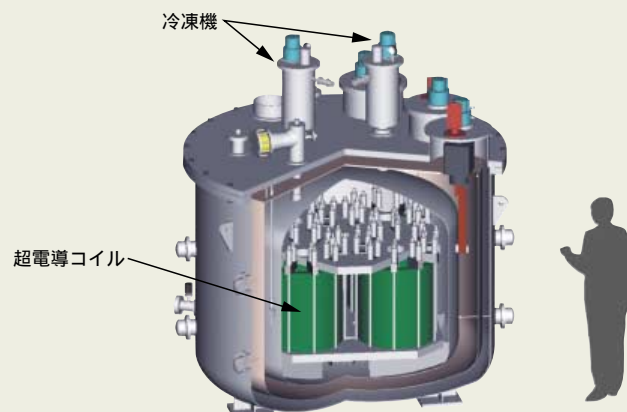


図2. 瞬時補償SMESのコイル構成例(10 MVA規模) - 超電導コイル(緑色)は、断熱容器内で液体ヘリウムにつかっています。室温から液体ヘリウムへの浸入熱は、装置上部の小型冷凍機により取り除かれています。

### 瞬時補償SMES

瞬時電圧低下(以下、瞬低と略記)を補償するSMESが実用段階に入りました。

瞬低は、落雷などにより電力系統の電圧が一瞬低下してしまう現象で、工場の生産に多大な損害を与える場合があります。瞬低対策として一般にはコンピュータなどの無停電電源装置がよく知られていますが、SMESは比較的大きな規模(10 MVA規模)の工場ラインをまるごと瞬低被害から守ります。

図1に瞬時補償SMESの原理と動作を示します。SMESの心臓部は、電気

を蓄えるための超電導線を巻いたコイルです。超電導線は電気抵抗がゼロのため、コイルにすると、ジュール発熱のない電磁石をつくることができます。この性質を利用し、強力な磁場(数万~十数万ガウス(Gs))として電気を蓄え、瞬低時に放出します。

二次電池などの電力貯蔵とは異なり、短時間にエネルギーを出し入れできる点がSMESの優れた特長の一つです。SMESコイルの構成例を図2に示します。

### 高温超電導SMESの特長

東芝は、現行の低温超電導SMES開

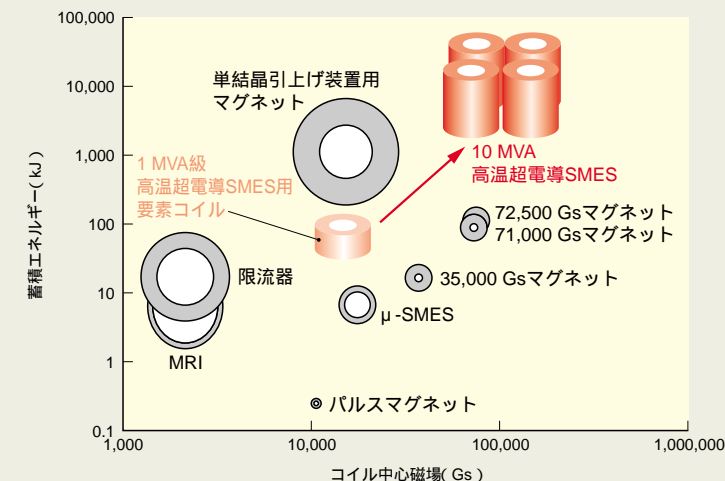
発に並行して、高温超電導を利用した次世代SMESの開発を中部電力(株)と共同で進めています。

従来の超電導線は約-269(液体ヘリウム温度)の極低温に冷却して使用していましたが、近年、約-196(液体窒素温度)以上でも使用できる高温超電導線の開発が進められています。この高温超電線を液体ヘリウム温度まで冷却すると、非常に高い磁場(~数百万Gs)まで使用できるようになりました。

この特性を利用してSMESコイルを高磁場で運転すると、貯蔵エネルギー密度を高くできるので、装置サイズを



図3. 高温超電導線と高温超電導コイル - 中部電力(株)と昭和電線電纜(株)が共同開発したBi2212線材の断面(a)と、この線材を用いた1 MVA級高温超電導SMES用の要素コイル(内径360 mm) (b)を示します。



MRI: 磁気共鳴イメージング

図4. 高温超電導コイルの特性比較 - これまでに開発された主な高温超電導コイルと東芝が目指す10 MVA高温超電導SMES用コイルの比較を示します。

1/2以下に小型化できると期待されています。また高温まで超電導状態が持続できるので、現行の低温超電導SMESには必要不可欠であった設計余裕がほとんど不要になり、なおかつ安心して運転できるという利点も期待できます。

現在、SMES用にもっとも期待されている高温超電導線がBi2212線材<sup>(注)</sup>です。Bi2212線材と、これを用いて開発した1 MVA級の高温超電導SMES用要素コイルを図3に示します。2003年

(注) Bi2212は、銅酸化物の高温超電導材料で、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ の略称。Ag合金を母材に線材化したもの。

には、この要素コイルを用いたSMESの評価試験を行いました。Bi2212線材は、直径1 mmの導体に約1,000 Aもの電流を流せる一方、開発段階での技術課題もいくつか残っています。高温超電導線の性能を最大限に引き出すようにコイル化するところが当社の腕の見せどころになります。

### 高温超電導SMESの技術開発

超電導コイルは単に超電導線を巻いたコイルですが、構成のシンプルさとは異なり、多くの開発課題を含んでいます。例えば、冷却、電気絶縁、交流損失、電磁力サポート、超電導の安定性、

万一に温度が上がって超電導から普通の導線になってしまった場合の保護などです。また、製造技術においても、超電導線の特性を十分に把握することが必要です。特に、開発途上の高温超電導線は蓄積しているデータが少ないために様々な特性を正確に評価することが重要で、当社ではシステムサイドからの検討と並行して、高温超電導線の特性評価や試作コイルによる性能評価を進めています。

これまでに開発された主な高温超電導コイルと、当社が目指す10 MVA用の高温超電導コイルを比較して図4に示します。この高温超電導SMESが開発されると、世界最大の蓄積エネルギーを持つ高温超電導の小型SMESになります。近年の技術開発により、もうあと一歩のところまで来ています。

### 将来への展望

システムサイドの検討から高温超電導線の特性評価まで、幅広く検討を進めることで高温超電導SMESの実用化を加速します。

これまで、雷警報時には操業を停止していた工場が、工場の片隅に高温超電導SMESを設置すると、瞬低を気にせず連続操業できるようになります。

来栖 努

電力・社会システム社  
電力・社会システム技術開発センター  
計測・検査技術開発部主務